

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 1 6 日

出 願 番 号

Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 7 4 6 3 6

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 0 7 4 6 3 6

出 願 人

Applicant(s): アンリツ株式会社

2 0 0 5 年 5 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【官 規 則】 付 訂 願
【整理番号】 0311003P
【提出日】 平成16年 3月16日
【あて先】 特許庁長官殿
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
 【氏名】 長島 靖明
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
 【氏名】 山田 敦史
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
 【氏名】 下瀬 佳治
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市恩名1800番地 アンリツ株式会社内
 【氏名】 菊川 知之
【特許出願人】
 【識別番号】 000000572
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市恩名1800番地
 【氏名又は名称】 アンリツ株式会社
 【代表者】 塩見 昭
【代理人】
 【識別番号】 100067323
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西村 教光
 【電話番号】 03-3591-3773
【選任した代理人】
 【識別番号】 100124268
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 鈴木 典行
 【電話番号】 03-3591-3773
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 016687
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0303409

【請求項 1】

InP からなる基板 (2) 上に、多重量子井戸構造を含む活性層 (5) と、該活性層を挟んで n 型クラッド層 (3) 及び InP からなる p 型クラッド層 (9) を設けた半導体レーザにおいて、

前記 n 型クラッド層が InGaAsP で構成され、且つ前記活性層の幅が $7 \sim 14 \mu\text{m}$ であり、基本横モードのみで発振して出射端部から出射される光が単一モード光ファイバ (31) と直接光結合することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2】

InP からなる基板 (2) 上に、多重量子井戸構造を含む活性層 (5) と、該活性層を挟んで n 型クラッド層 (3) 及び InP からなる p 型クラッド層 (9) を設けた半導体レーザにおいて、

前記 n 型クラッド層が InGaAsP で構成され、且つ出射端部から出射される光のスポット径が前記活性層と平行な方向において $7 \sim 14 \mu\text{m}$ であり、基本横モードのみで発振して出射端部から出射される光が単一モード光ファイバ (31) と直接光結合することを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 3】

前記 n 型クラッド層を構成する InGaAsP の組成波長が $0.98 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体レーザ。

【発明の名称】 半導体レーザ

【技術分野】

【0001】

本発明は、単一モード光ファイバとの光結合に用いる半導体レーザに関するものである。

【背景技術】

【0002】

光通信システムに用いられる光信号は、長距離にわたって敷設された光ファイバ内を伝送される。このため、光信号の光源として用いられる半導体レーザの特性としては、高出力、高安定度が要求される。

【0003】

ところで、光の伝送に単一モード光ファイバを使用する場合、半導体レーザと単一モード光ファイバとの間を光結合することになる。しかし、半導体レーザの素子端面と光ファイバの光入射面とを直接突き合わせて結合すると、半導体レーザの光波スポットサイズが $2\sim 3\mu\text{m}$ に対して単一モード光ファイバのスポットサイズが $10\mu\text{m}$ 程度であり、互いの光導波路光波スポットサイズが異なるために結合損失が生じる。このため、半導体レーザからのレーザ光をレンズによって光ファイバのスポットサイズに変換して結合損失の低減を図るのが一般的に行われていた。

【0004】

しかしながら、光結合にレンズを用いる構成では、半導体レーザと光ファイバとの間の面倒な光軸調整が必要不可欠であり、光学部品も増すという問題があった。そこで、上記問題を解消するため、下記特許文献1に開示される半導体光デバイスの提案がなされている。

【0005】

図17は下記特許文献1に開示される半導体光デバイスの概略図である。図17に示すように、特許文献1に開示される半導体光デバイス51は、クラッド、キャップ、電極等の素子化に必要な構成部分52において、MQW活性層53がバットジョイント部54を介してテーバ光導波路55と接合している。MQW活性層53は、歪み超格子活性層であり、活性領域56を構成している。光導波路55は、層厚とバンドギャップ波長を連続的に変化させた光導波路であり、スポットサイズ変換領域57を構成している。

【0006】

そして、上記半導体光デバイス51を用いて単一モード光ファイバと光結合する場合には、MQW活性層53の活性領域56から出射されたレーザ光がバットジョイント部54でテーバ光導波路55のスポットサイズ変換領域57に伝播され、このスポットサイズ変換領域57でスポットサイズが変換されて光出射端55aから出射される。そして、このスポットサイズの変換されたレーザ光は、光出射端55aから単一モード光ファイバの光入射面から入射され、半導体光デバイス51と単一モード光ファイバが光結合される。

【特許文献1】 特開平9-61652号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、前記特許文献1に開示されるテーバ光導波路55を有する従来の半導体光デバイス51では、光出射端55aから出射されるレーザ光のスポットサイズが単一モード光ファイバのスポットサイズに合うように半導体光デバイス51にテーバ光導波路55を一体に形成する必要があるため、設計が難しく、作成に手間を要し、作成再現性も得にくいという問題があった。

【0008】

ところで、半導体レーザの活性層の幅を広げれば、半導体レーザから出射されるレーザ光のスポット径を単一モードの光ファイバのコア径に合わせることが可能である。しかし

、半導体レーザの活性層の幅を狭めただけでは、半導体レーザが山割れるレーザ光に横高次モードが発生し、電流－光出力特性において、不連続点が生じたり、単一モード光ファイバと光結合を行う際に結合損失が大きくなってしまいうという新たな問題が生じる。

【0009】

そこで、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、単一モード光ファイバと光結合する際、従来のようなモード変換部を必要とせず、基本横モードを保ったまま高出力のレーザ光を低コストで単一モード光ファイバに高い結合効率で入射することができる半導体レーザを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明の請求項1に記載された半導体レーザは、InPからなる基板2上に、多重量子井戸構造を含む活性層5と、該活性層を挟んでn型クラッド層3及びInPからなるp型クラッド層9を設けた半導体レーザにおいて、

前記n型クラッド層がInGaAsPで構成され、且つ前記活性層の幅が7～14 μ mであり、基本横モードのみで発振して出射端部から出射される光が単一モード光ファイバ31と直接光結合することを特徴とする。

【0011】

請求項2に記載された発明は、InPからなる基板2上に、多重量子井戸構造を含む活性層5と、該活性層を挟んでn型クラッド層3及びInPからなるp型クラッド層9を設けた半導体レーザにおいて、

前記n型クラッド層がInGaAsPで構成され、且つ出射端部から出射される光のスポット径が前記活性層と平行な方向において7～14 μ mであり、基本横モードのみで発振して出射端部から出射される光が単一モード光ファイバ31と直接光結合することを特徴とする。

【0012】

請求項3に記載された発明は、請求項1又は2記載の半導体レーザにおいて、

前記n型クラッド層を構成するInGaAsPの組成波長が0.98 μ m以下であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、n型クラッド層3をIn, Ga, As, Pの4元材料で形成し、n型クラッド層3の組成波長を0.96～0.98 μ m、かつ活性層5の幅を7～14 μ mにしているので、レンズレスでも発振基本横モードを維持しながら単一モード光ファイバと十分な結合効率を得られる。しかも、従来のようなテーパ光導波路やスポットサイズ変換部が不要となり、製造性簡便化、及び素子長を短くして素子のコストも低減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1は本発明に係る半導体レーザの全体の構成を示す斜視図、図2は半導体レーザの一部拡大断面図である。

【0015】

図1に示すように、本例の半導体レーザ1は、n型InPからなる半導体基板2の上に、n型InGaAsPからなるn型クラッド層3、InGaAsPからなるSCH層4、InGaAsPからなる活性層5、InGaAsPからなるSCH層6が順番に積層されている。

【0016】

図1において、n型クラッド層3、SCH層4、活性層5、SCH層6はメサ型に形成されており、このメサ型の両側にp型InPからなる下部埋込層7およびn型InPからなる上部埋込層8が形成されている。

【0017】

- また、クラッド層9の上側および上部障壁層8の上側には、p型クラッド層9が形成されている。p型クラッド層9の上側には、p型コンタクト層10が形成されている。さらに、p型コンタクト層10の上側には、p電極11が設けられている。
- また、半導体基板2の下側にはn電極12が設けられている。

【0018】

本例において、活性層5としては、図2に示すように、4層の井戸層5aと、この各井戸層5aの両側に位置する5層の障壁層5bとを積層した4層のMQW（多重量子井戸）構造が採用されている。この4層のMQW構造を有した活性層5の下側に位置するSCH層4を複数の層4a、4b、4cからなる多層構造とし、同様に、活性層5の上側に位置するSCH層6を複数の層6a、6b、6cからなる多層構造としている。

【0019】

図2に示すように、活性層5における障壁層5bの屈折率を n_s 、n型クラッド層3の屈折率を n_a 、p型クラッド層9の屈折率を n_b とする。また、SCH層4を構成する各層4a、4b、4cの屈折率および厚さをそれぞれ n_1 、 n_2 、 n_3 、 t_1 、 t_2 、 t_3 とし、同様に、SCH層6を構成する各層6a、6b、6cの屈折率および厚さを n_1 、 n_2 、 n_3 、 t_1 、 t_2 、 t_3 とする。

【0020】

そして、各屈折率の大小関係は、次のように、活性層5から遠ざかる程小さくなるように設定され、且つ、 InGaAsP からなるn型クラッド層3の屈折率 n_a は、 InP からなるp型クラッド層9の屈折率 n_b より高い。

【0021】

$$n_s > n_1 > n_2 > n_3 > n_a > n_b$$

【0022】

さらに、この半導体レーザー1においては、図3に示すように、各SCH層4、6を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層5からクラッド層3、9へ向う程小さくなるように設定されている。

【0023】

即ち、

$$n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_a$$

となるように設定されている。

【0024】

また、SCH層4、6を構成する各層4a、4b、4c、6a、6b、6cの厚み t_1 、 t_2 、 t_3 は等しく設定されている。

【0025】

このように構成された半導体レーザー1では、p電極11とn電極12との間に直流電圧を印加すると、活性層5で光Pが生起され、その光Pが図1に示した半導体レーザー1の端面1a、1bから外部へ出射される。

【0026】

ここで、横高次モードの発生を抑制しつつ、単一モード光ファイバと十分な結合効率を得ることができる活性層幅について説明する。

【0027】

半導体レーザーは前述の通り光が半導体レーザーの端面から外部へ出射されるが、その際、所定の大きさのスポット径で光は外部へ出射される。このスポット径とは、本発明においては、活性層端から出射される光の、その端部での光強度分布において、最大光強度の $1/e^2$ （eは自然対数の底）となる部分の直径を表している。

【0028】

図4に、光スポットの偏平率をパラメータとした、出射光の水平方向スポット径と単一モード光ファイバへの光結合効率の関係図を示す。光スポットの偏平率は、スポット径の水平方向：垂直方向の割合であり、それぞれ1：1.35、1：1.2、1：1、1：0.8、1：0.65の割合を示している。尚、半導体レーザーは基本横モードで発振し

いおり、単一モード光ファイバに近接配置し、レンゲレヘッドを和ロしている。図4からも分かるように、どの光スポットの偏平率においても約75%以上の高い光結合効率を得るためには、水平スポット径が7~14 μm であれば良いことが分かる。

【0029】

次に、図5に、水平スポット径とレーザ出射光の遠視野像の広がり角度との関係図を示す。一方、図6には、本例の半導体レーザの活性層幅とレーザ出射光の遠視野像の広がり角度との関係図を示す。図5と図6とを比較して分かるように、同一広がり角度が得られる際の、活性層幅と水平方向スポット径がほぼ同等となっている。従って、本例の半導体レーザにおいては、活性層幅=スポット径と見なすことができる。従って、単一モード光ファイバとの光結合において、約75%以上の高い光結合効率を得るためには、活性層幅が7~14 μm であれば良いこととなる。

【0030】

ところで、単純に活性層幅を拡大させただけでは、レーザの発振モードに横高次モードが存在する事となり、レーザ特性が悪化するばかりでなく、ファイバへの光結合効率が低下してしまうこととなる。そこで、本例の半導体レーザでは、前述したように、n側クラッド層をInGaAsPで構成している。本構成とすることにより、導波路の等価屈折率を低減する事と同等の効果を得ることができ、結果、横高次モードの発生を抑えつつ広い活性層幅の半導体レーザを実現することができる。

【0031】

図7に、同一活性層構造における、n側クラッド層に用いるInGaAsPの組成波長に対する、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅(=カットオフ幅)の関係図の一例を示す。これによれば、通常のInPクラッド層を用いた半導体レーザでは、カットオフ幅は約3.5 μm である。それに対し、組成波長を0.96 μm とするとカットオフ幅は約7 μm となり、さらに組成波長を0.98 μm とすれば、カットオフ幅は約14 μm まで拡大することができる。

【0032】

次に、図3に基いて各層の屈折率について説明する。図3の屈折率特性に示すように、SCH層4, 6を構成する隣接する層相互間の屈折率差が、活性層5から各クラッド層3, 9へ向う程小さくなるように設定されているので、SCH層4, 6内における活性層5の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層3, 9の近傍領域の屈折率の低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

【0033】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低くすることができ、内部損失が低下する。

【0034】

また、InGaAsPからなるn型クラッド層3の屈折率 n_a は、InPからなるp型クラッド層9の屈折率 n_b より高いので、図8に示すように、光の分布が、両クラッド層3, 9を同一屈折率にしたときの対称な特性A'に対して、特性Aのようにn型クラッド層3側に偏って分布する。

【0035】

このため、活性層5およびSCH層4, 6における光閉じ込め係数を低くしたことによるp型クラッド層9における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができる。

【0036】

また、活性層5とn型クラッド層3との屈折率差が従来のものより小さくなるので、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅も拡大することができ、レーザの高出力化にさらに有利となる。

【0037】

具体的には、n型クラッド層組成を0.96~0.98 μm の範囲で設定することにより、7~14 μm 程度の幅に拡大できる。これにより、素子抵抗値の増加による光出力の

- 以下も防止できるだけでなく、光ファイバへ結合する事ができるため、レンヘレへでも単一モード光ファイバへ結合する事が可能となる。

【0038】

- また、p型クラッド層9の厚さを増加させる必要がなく、素子抵抗値の増加による光出力の低下を招く恐れもない。

【0039】

なお、ここでは、活性層5およびSCH層4, 6における光の閉じ込め係数を低減するための一つの方法として、SCH層4, 6を構成する各層4a, 4b, 4c, 6a, 6b, 6cの隣接するもの同士の屈折率差が活性層5から遠くなる程小さくなるように設定し、各層の厚さ4a, 4b, 4c, 6a, 6b, 6cを等しくしていたが、図9に示すように、SCH層4, 6を構成する隣接する層相互間の屈折率差を等しくし、各層4a, 4b, 4c, 6a, 6b, 6cの厚みt1, t2, t3を活性層5から遠いもの程大きくなるように設定してもよい。

【0040】

即ち、

$$n_s - n_1 = n_1 - n_2 = n_2 - n_3 = n_3 - n_b > n_3 - n_a$$

$$t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

【0041】

また、図10に示すように、SCH層4, 6を構成する隣接する層相互間の屈折率差が活性層5から遠くなる程小さくなり、しかも、各層4a, 4b, 4c, 6a, 6b, 6cの厚みt1, t2, t3を活性層5から遠いもの程大きくなるように設定してもよい。

【0042】

即ち、

$$n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_a$$

$$t_1 < t_2 < t_3$$

となるように設定してもよい。

【0043】

上記図10、図11のように、屈折率特性を設定した場合でも、SCH層4, 6内における活性層5の近傍領域の屈折率の高い領域においては屈折率が急激に低下し、両クラッド層3, 9の近傍領域の屈折率が低い領域においては、屈折率が緩慢に低下する。

【0044】

このため、光導波路内で光の集中度を緩和する、即ち、光閉じ込め係数を低く設定することができ、内部損失が低下する。

【0045】

また、いずれの場合においても、InGaAsPからなるn型クラッド層3の屈折率n_aは、InPからなるp型クラッド層9の屈折率n_bより高いので、光の分布が前記図8で示すように、n型クラッド層3側に偏る。

【0046】

このため、活性層5およびSCH層4, 6における光閉じ込め係数を低くしたことによるp型クラッド層9における価電子帯間光吸収による光損失の増加を抑制することができ、高出力なレーザ光を得ることができる。

【0047】

次に、上記した図10の構成の半導体レーザ1の各部の屈折率、厚さについて具体的な数値例とその特性を示す。

【0048】

共振器長3mm、端面の一方がHR膜、他方がLR膜、活性層幅9.0μmとする。

【0049】

また、各屈折率を組成波長で表し、以下のように設定した。なお、p型クラッド層9は組成が決まっているInPによって構成されているので、その組成波長n_bは一義的に0

・ $0.97 \mu\text{m}$ となる。

$$n s = 1.2 \mu\text{m}$$

$$n 1 = 1.15 \mu\text{m}$$

$$n 2 = 1.08 \mu\text{m}$$

$$n 3 = 0.99 \mu\text{m}$$

$$n a = 0.97 \mu\text{m}$$

【0050】

また、SCH層4、6の各層4a、4b、4c、6a、6b、6cの厚さを以下のように設定した。

$$t 1 = 3.0 \text{ nm}$$

$$t 2 = 8.0 \text{ nm}$$

$$t 3 = 25 \text{ nm}$$

【0051】

また、n型クラッド層3の厚さは約 $7.5 \mu\text{m}$ としているが、4元素である InGaAsP を格子間間隔を合わせてこのような大きな厚さに形成することは通常は困難であり、特に組成波長 $0.97 \mu\text{m}$ の場合、GaとAsの割合がInやPに対して微量となってしまうと困難さが増すが、希釈原料の導入や各ガスの流量と成長速度の制御によってこれを実現している。

【0052】

以下、その製造工程の一例を説明する。

先ず始めに、不純物濃度 $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のn型 InP の半導体基板2上に、有機金属気相成長(MOVPE)法を用いて、層厚が $7.5 \mu\text{m}$ で不純物濃度が $1 \sim 2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、組成波長 $0.97 \mu\text{m}$ の InGaAsP からなるn型クラッド層3を形成する。

【0053】

次に、組成波長が $0.99 \mu\text{m}$ 、 $1.08 \mu\text{m}$ 、 $1.15 \mu\text{m}$ のノンドープ InGaAsP をそれぞれ 25 nm 、 8 nm 、 3 nm の厚さで積層して、SCH層4を形成する。

【0054】

そして、SCH層4の上に、 InGaAsP の井戸層5aと InGaAsP の障壁層5bを交互に成長し、井戸層数4の多重量子井戸構造の活性層5を形成する。

【0055】

次に、活性層5の上に、組成波長が $1.15 \mu\text{m}$ 、 $1.08 \mu\text{m}$ 、 $0.99 \mu\text{m}$ のノンドープ InGaAsP をそれぞれ 3 nm 、 8 nm 、 25 nm の厚さで積層して、SCH層6を形成する。

【0056】

そして、SCH層6の上に、不純物濃度が $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ で厚さ $0.5 \mu\text{m}$ の InP からなるp型クラッド層9の下層部を成長する。

【0057】

その後、プラズマCVD法等により全面に SiN_x 膜を数 10 nm 程度堆積し、これをフォトリソグラフィ工程で幅 $10 \mu\text{m}$ 程度のストライプ状に形成したものをエッチングマスクとして、塩酸、過酸化水素水、水の混合液からなるエッチング溶液に浸し、メサ形状を形成する。これにより活性層部分の幅はおよそ $9 \mu\text{m}$ となる。

【0058】

続いて、前記 SiN_x 膜を成長阻害マスクに利用して、MOVPE法により、p型 InP の下部埋込層7、n型 InP の上部埋込層8を積層して、メサ両側部を埋め込んだ後、 SiN_x 膜を除去する。

【0059】

その後全面に不純物濃度 $5 \sim 7 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ の InP からなるp型クラッド層9の上層部を $2.5 \mu\text{m}$ 成長し、さらに、不純物濃度 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度の InGaAsP のp型コンタクト層10を $0.3 \mu\text{m}$ 成長する。

【0000】

そして、p型コンタクト層10の上面にp電極11を形成し、半導体基板2の下側にn電極12を形成した後、長さ3mmで切り出し、前端面にLR膜21、後端面にHR膜22を施し、レーザ構造とする。

【0061】

上記のように構成された半導体レーザ1の電流対出力の特性を図11に示す。

図11において、特性Fは上記数値例の半導体レーザの特性であり、特性F'は単一モード光ファイバとレンズレスで光結合させた時のファイバ出力特性を示す。本例の半導体レーザによれば、結合効率80%の良好な特性が得られている。

【0062】

また、この半導体レーザのp型クラッド層9内における光閉じ込め係数は17パーセントであり、従来構造の閉じ込め係数42パーセントに対して大幅に低減していることが確認されている。

【0063】

また、実際に作成した半導体レーザから見積もった内部損失の値も、従来構造のものが $5 \sim 6 \text{ cm}^{-1}$ であるのに対し、この半導体レーザでは、 3.0 cm^{-1} 以下まで改善されている。

【0064】

また、上述した半導体レーザは埋め込み構造のものであるが、図12に示すリッジ構造の半導体レーザについても本発明は同様に適用できる。なお、図12において、p型クラッド層9およびp型コンタクト層10の上には SiO_2 からなる絶縁層23が形成される。

【0065】

このようなリッジ構造の半導体レーザの場合でも、InPからなるp型クラッド層9に対して、それより屈折率の大きいInGaAsPからなるn型クラッド層3を用いているので、前記同様に、光の分布をn型クラッド層3側に偏らせることができ、上記同様に高出力のレーザ光が得られる。

【0066】

また、前述した半導体レーザでは、n型の半導体基板2上に各層を形成した例を示したが、図13に示すように、p型の半導体基板2'上に各層を形成した半導体レーザにおいても、そのn型クラッド層3を、InPからなるp型クラッド層9より屈折率の高いInGaAsPによって構成することで、上記同様の効果を得ることができる。

【0067】

なお、前述した各半導体レーザでは、SCH層4の最も外側の層4cの組成波長を、InGaAsPからなるn型クラッド層3の組成波長より長くしていたが、図14に示すように、SCH層4の最も外側の層4cの組成波長をInGaAsPからなるn型クラッド層3の組成波長より短くしてもよい。

【0068】

また、前述した半導体レーザでは、n型クラッド層3を構成するInGaAsPの組成波長が $0.97 \mu\text{m}$ の場合を例にとって説明したが、本例の半導体レーザでは、InGaAsPの組成波長を $0.96 \sim 0.98 \mu\text{m}$ の範囲で選択し、かつ活性層5の幅を $7 \sim 14 \mu\text{m}$ に設定することができる。

【0069】

なお、InGaAsPの組成波長を $0.96 \sim 0.98 \mu\text{m}$ の範囲で選択すれば、単一モード光ファイバと光結合する際に、基本横モードを保ったまま高出力のレーザ光を単一モード光ファイバに入射することができる。図15は本例の半導体レーザ1と単一モード光ファイバ31を光結合する場合の概略図である。図15において、単一モード光ファイバ31は、光入射面31aにAR膜32が形成されている。本例の半導体レーザ1と単一モード光ファイバ31を光結合する場合には、図15に示すように、半導体レーザ1のレーザ光が出射される一方の端面（図15ではLR面21）におけるレーザ光の中心軸と、

半導体レーザ1の活性層5からLR面21より出射された光は、単一モード光ファイバ31の光入射面31aのコア31bに入射される。この構成により、基本横モードを保ったまま活性層幅を広くして半導体レーザ1と単一モード光ファイバ31を高効率な結合効率で光結合することができる。

【0070】

また、前述した各半導体レーザでは、活性層5の両側にSCH層4, 6が設けられているが、図16に示すように、SCH層4, 6を設けず、活性層5の両側に両クラッド層3, 9が隣接している半導体レーザや、外部共振器型半導体レーザ、発光ダイオード(LED)等の他の半導体発光素子についても本発明を同様に適用できる。

【0071】

このように、本発明の半導体レーザ1によれば、n型クラッド層3に4元材料(In, Ga, As, P)を用い、n型クラッド層3の組成波長を $0.96 \sim 0.98 \mu\text{m}$ にし、かつ活性層5の幅を $7 \sim 14 \mu\text{m}$ に設定している。これにより、発振基本横モードを維持しながら活性層幅も広くなり、ファイバのモードフィールド径に近くなるため、レンズレスでも単一モード光ファイバと十分な結合効率を得られ、レーザモジュールの低コスト化が可能になる。しかも、特許文献1等に関示される従来のようなレーザ光のスポットサイズを単一モード光ファイバのコア径に合わせて変換するテーパ光導波路が不要となるので、素子長を短くでき、素子のコストも低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明に係る半導体レーザの概略構成を示す斜視図である。

【図2】本発明に係る半導体レーザの要部の断面図である。

【図3】本発明に係る半導体レーザの各層の屈折率特性を示す図である。

【図4】光スポットの偏平率をパラメータとした、出射光の水平方向スポット径と単一モード光ファイバへの光結合効率の関係図である。

【図5】水平スポット径とレーザ出射光の遠視野像の広がり角度との関係図である。

【図6】本例の半導体レーザの活性層幅とレーザ出射光の遠視野像の広がり角度との関係図である。

【図7】同一活性層構造における、n側クラッド層に用いるInGaAsPの組成波長に対する、横高次モードを抑圧できる最大の活性層幅(=カットオフ幅)の関係図の一例である。

【図8】本発明に係る半導体レーザの光の分布特性を示す図である。

【図9】本発明に係る半導体レーザの他の形態の各層の屈折率特性を示す図である。

【図10】本発明に係る半導体レーザの他の形態の各層の屈折率特性を示す図である。

【図11】図10の形態の供給電流対出力の特性を示す図である。

【図12】リッジ構造の半導体レーザについての形態を説明するための図である。

【図13】p型基板上に構成した例を示す図である。

【図14】他の形態の各層の屈折率特性を示す図である。

【図15】本発明による半導体レーザと単一モード光ファイバの光結合の説明図である。

【図16】他の形態の各層の屈折率特性を示す図である。

【図17】特許文献1に関示される従来の半導体光導波路の斜視図である。

【符号の説明】

【0073】

1 半導体レーザ

1a, 1b 端面

2, 2' 半導体基板

3 n型クラッド層

4, 6 活性層

5 活性層

7, 8 埋込層

9 p型クラッド層

10 p型コンタクト層

11 p電極

12 n電極

21 LR膜

22 HR膜

23 絶縁層

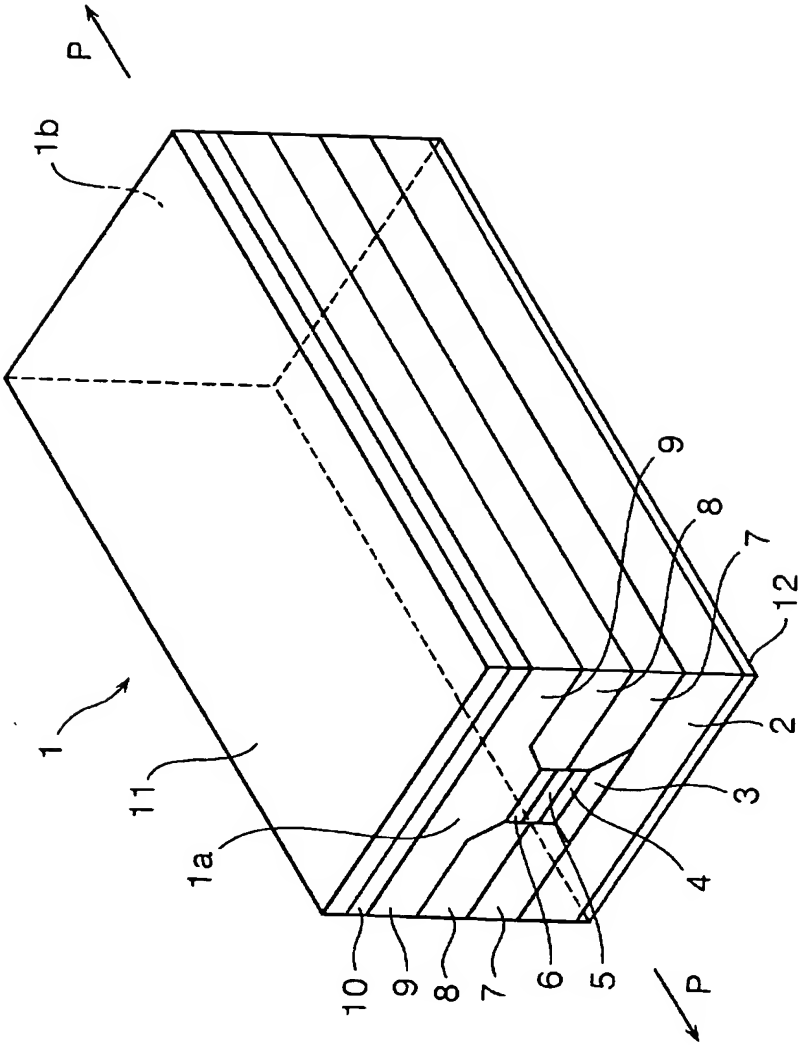
31 単一モード光ファイバ

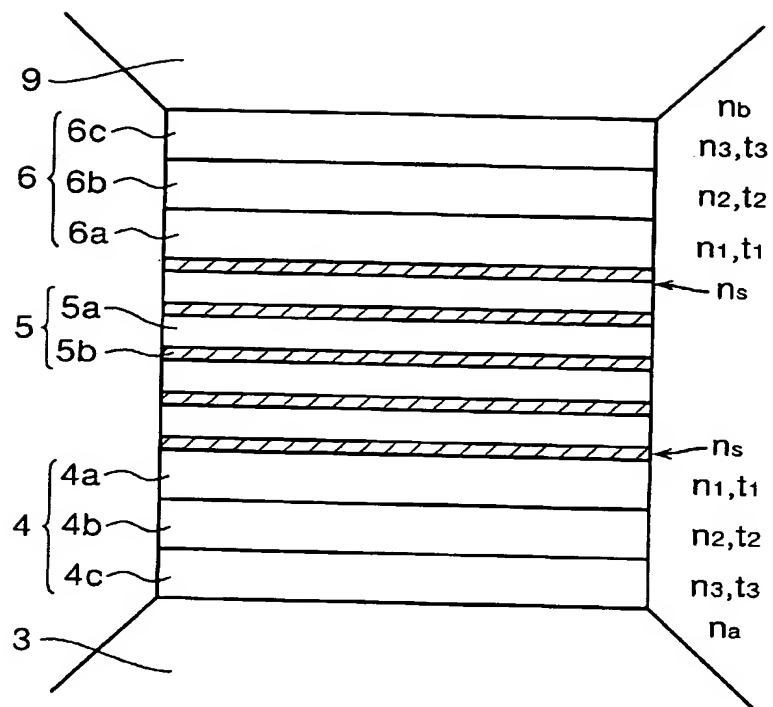
31a 光入射面

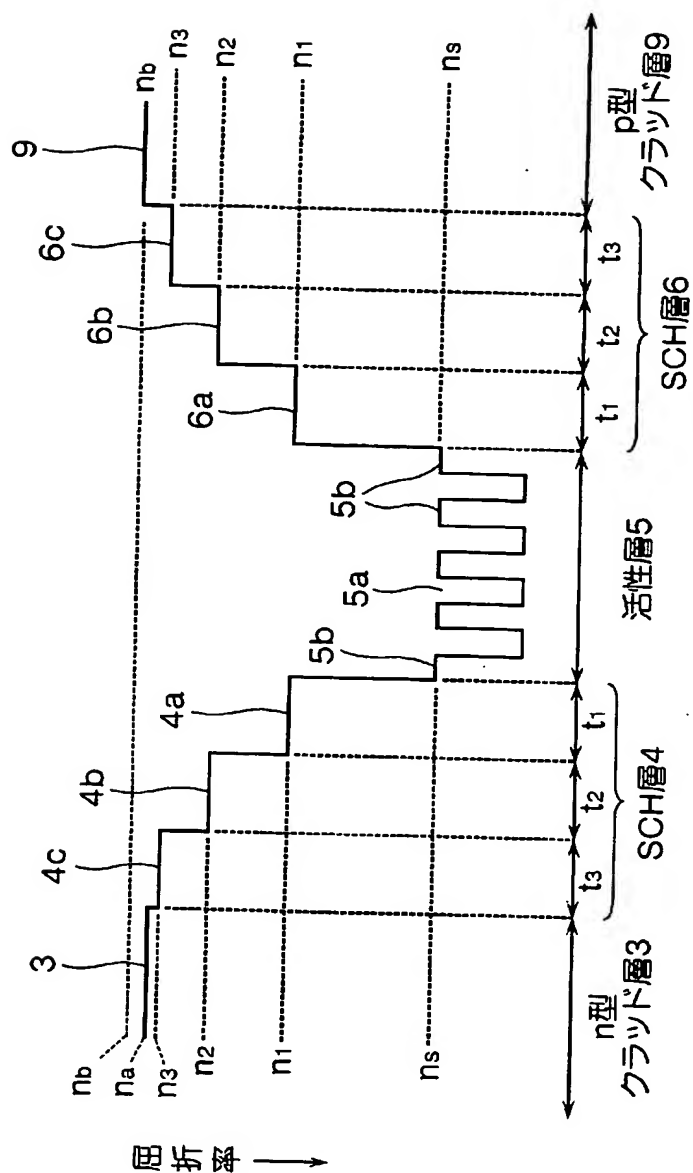
31b コア

32 AR膜

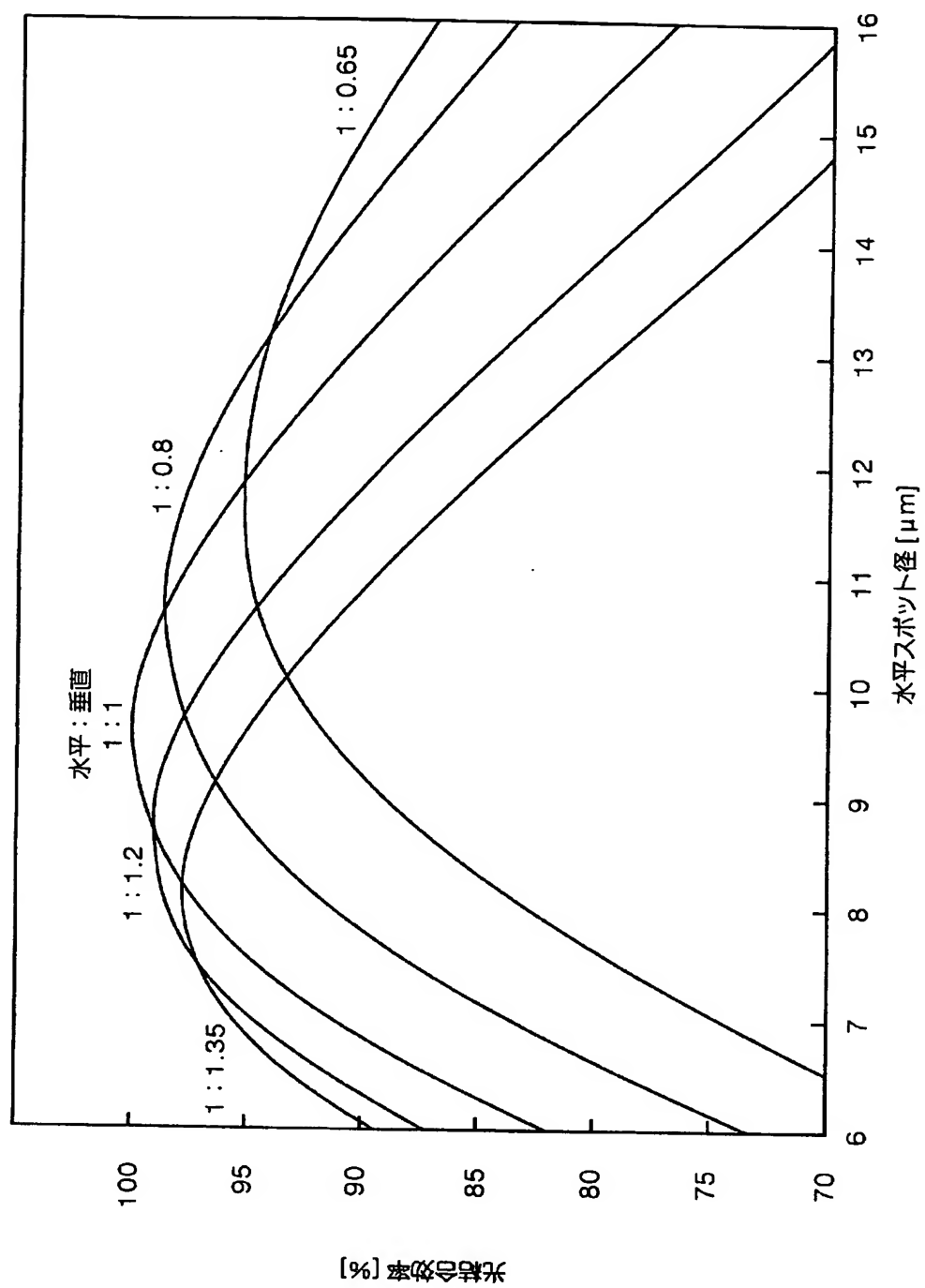
【图 1】

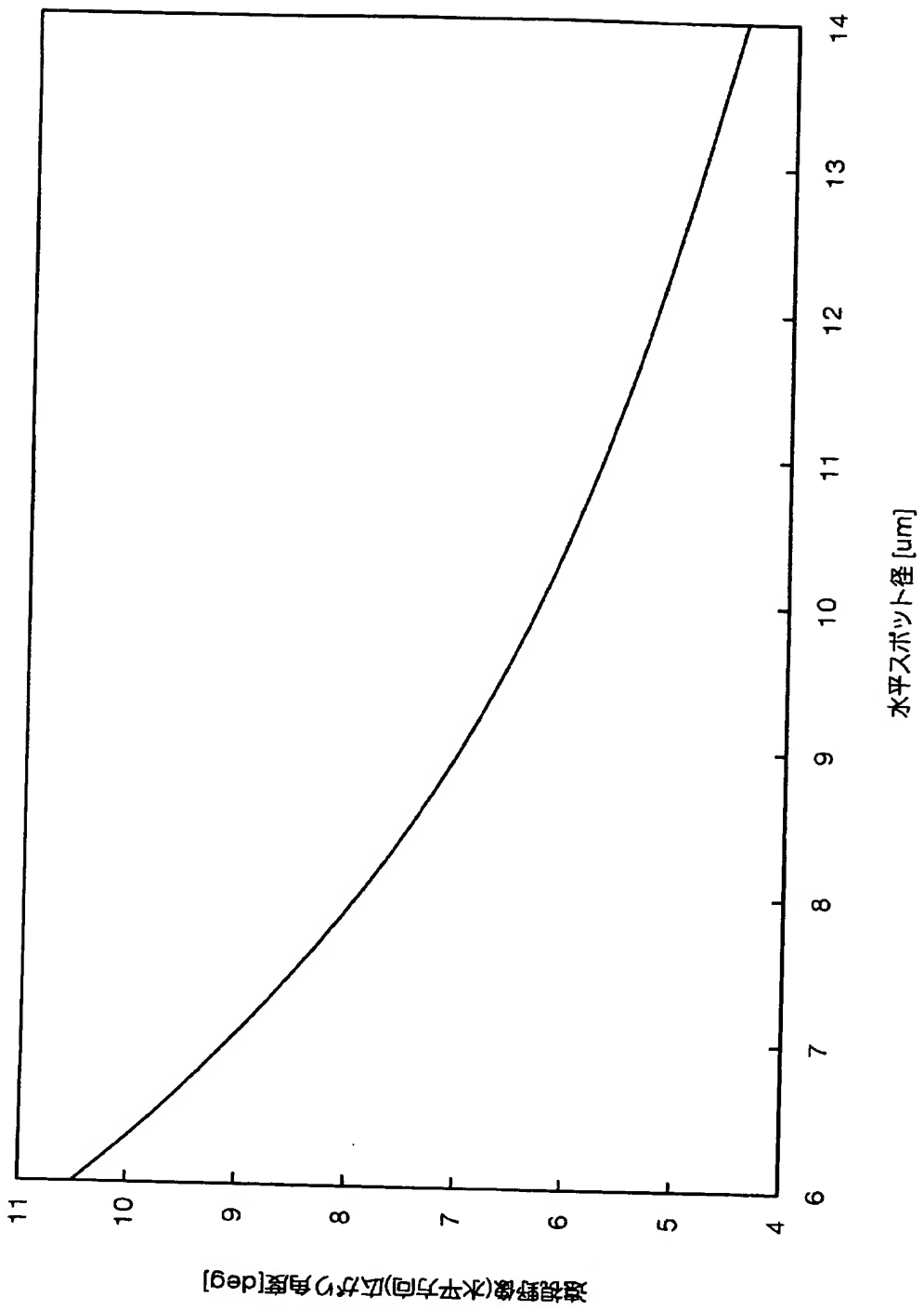


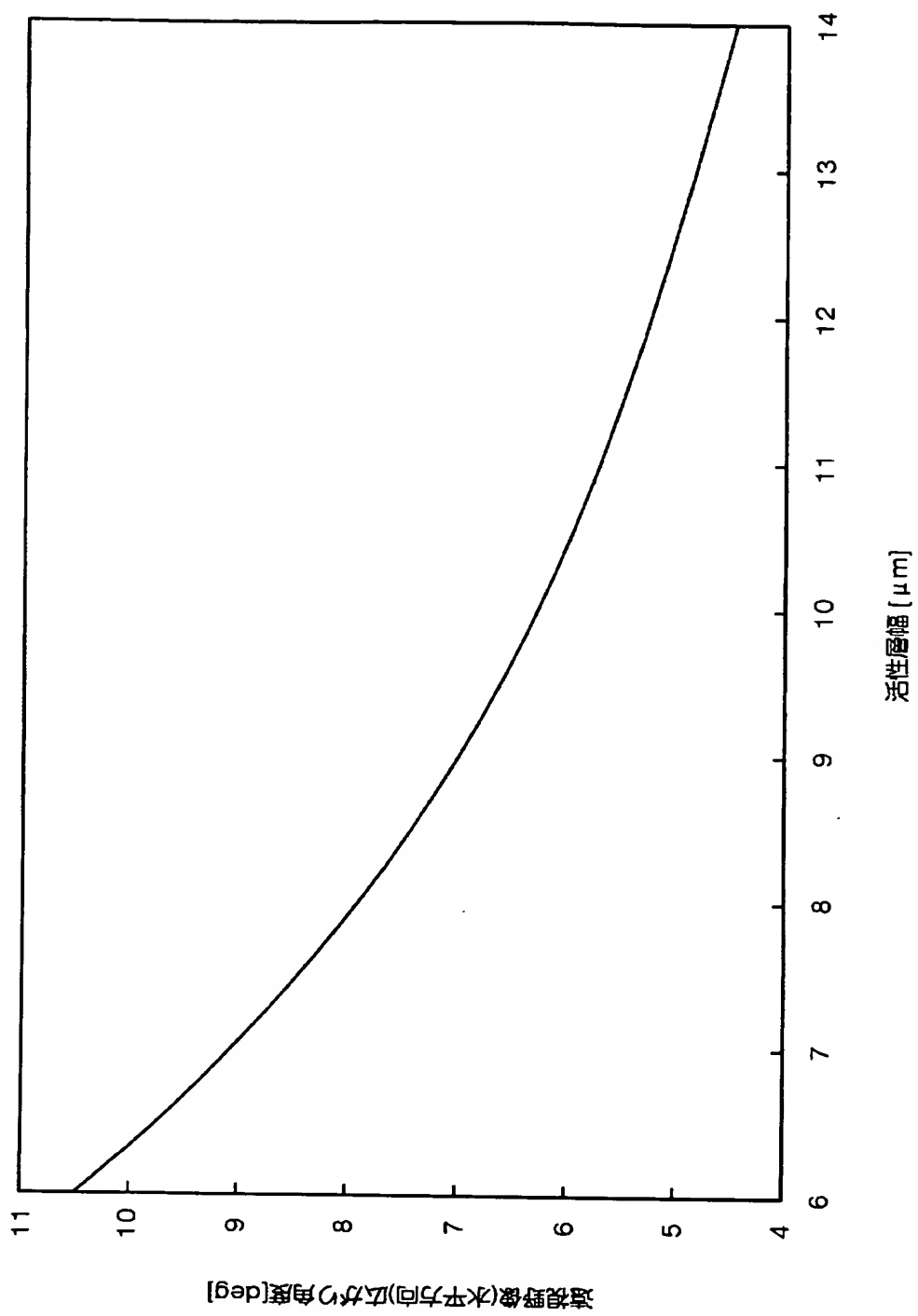


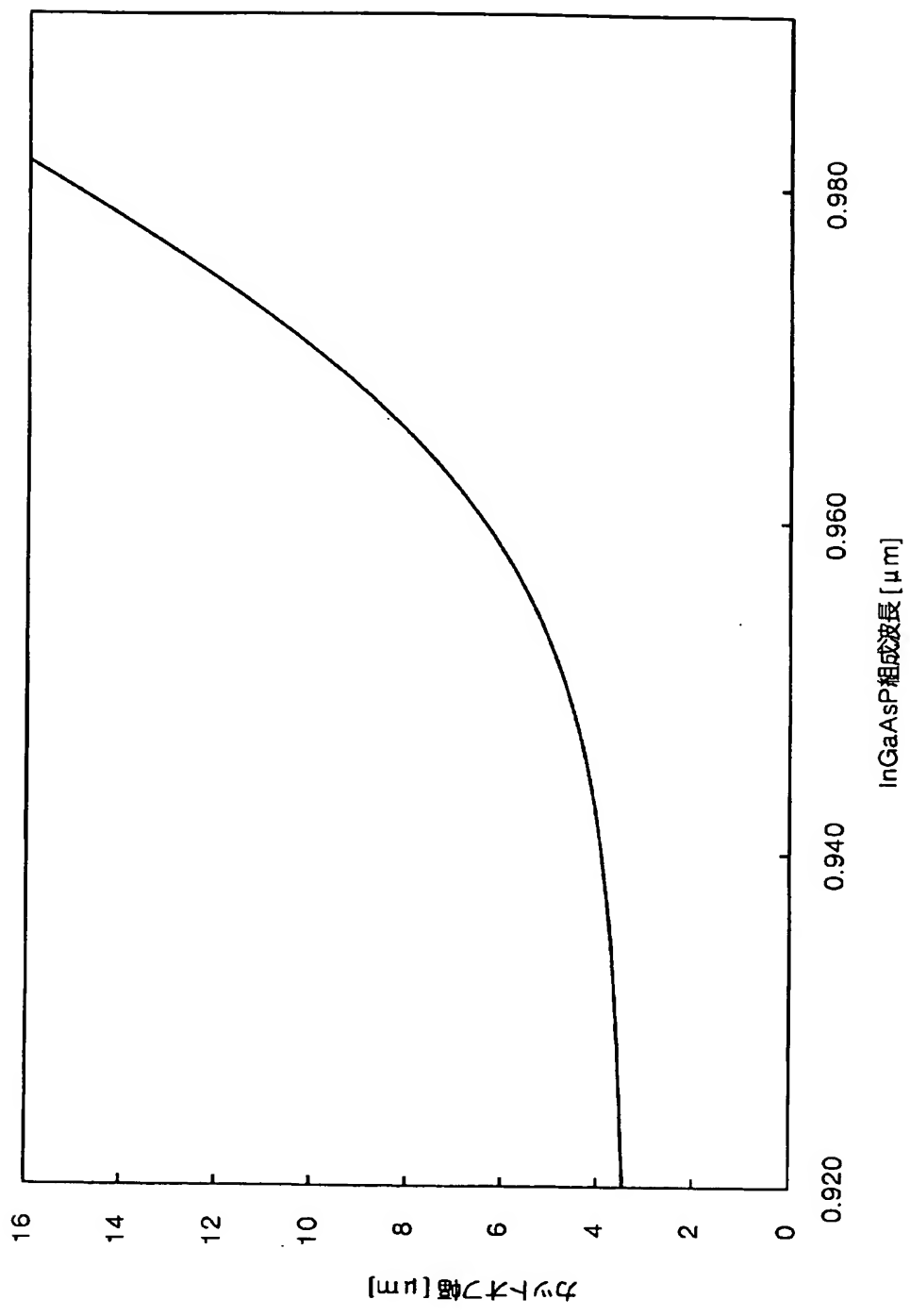


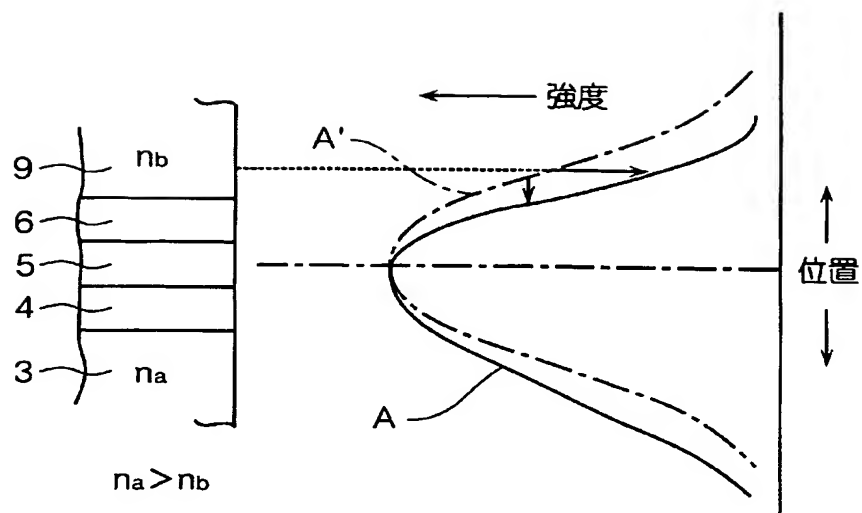
$$\begin{cases} n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_a \\ t_1 = t_2 = t_3 \end{cases}$$

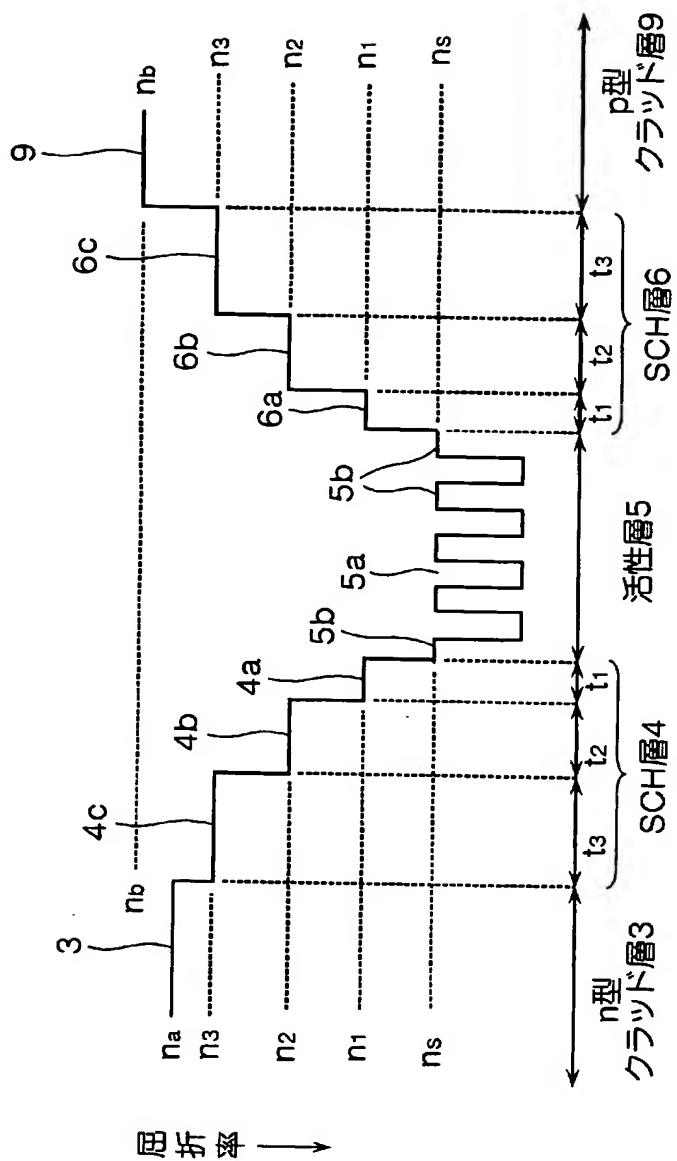




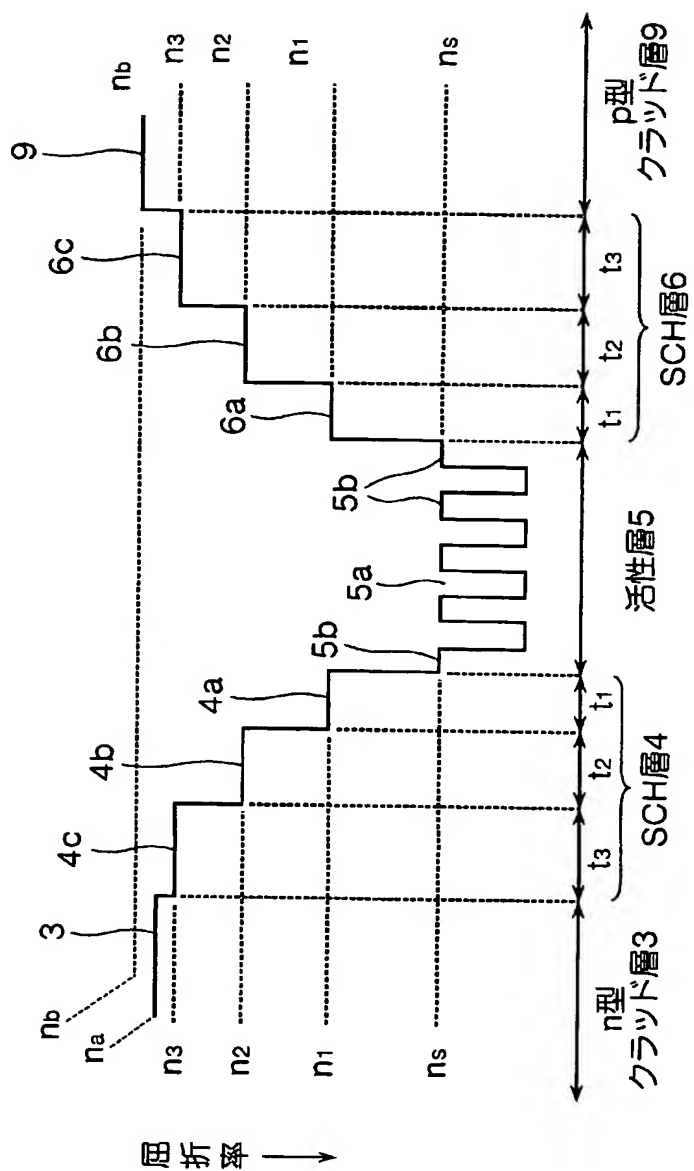




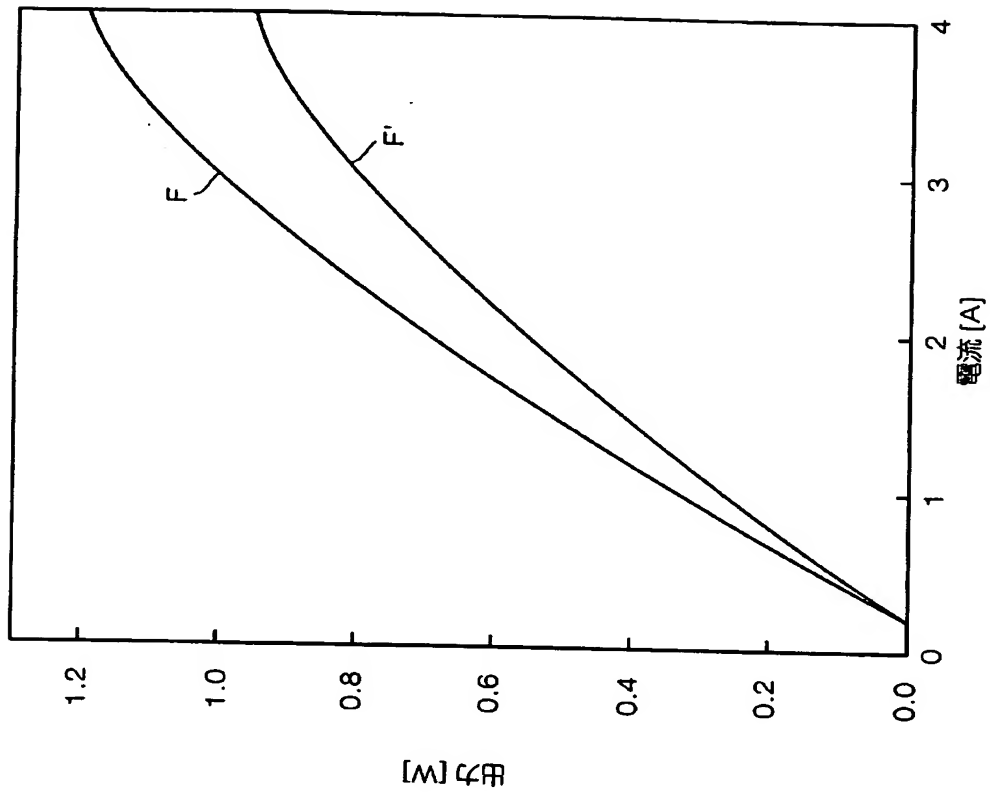




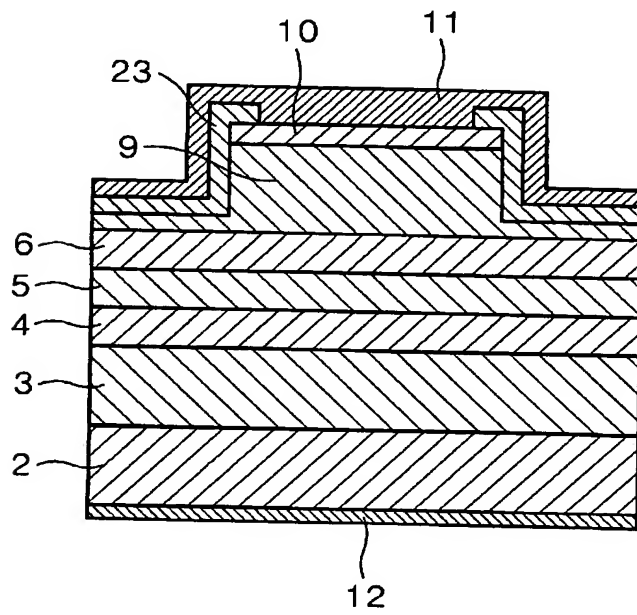
$$\begin{cases} n_s - n_1 = n_1 - n_2 = n_2 - n_3 = n_3 - n_b = n_3 - n_a \\ t_1 < t_2 < t_3 \end{cases}$$

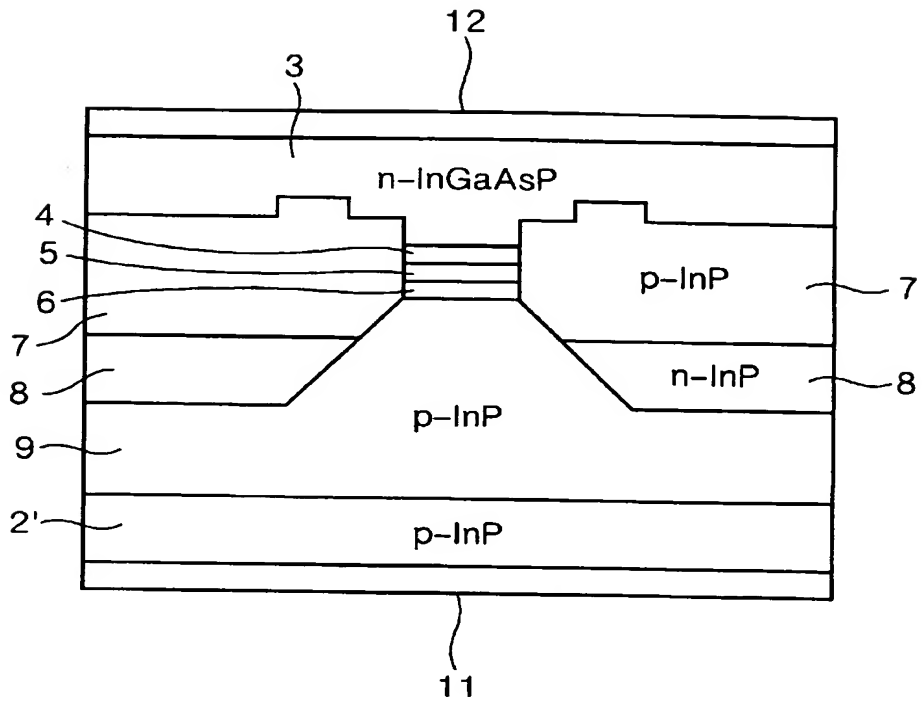


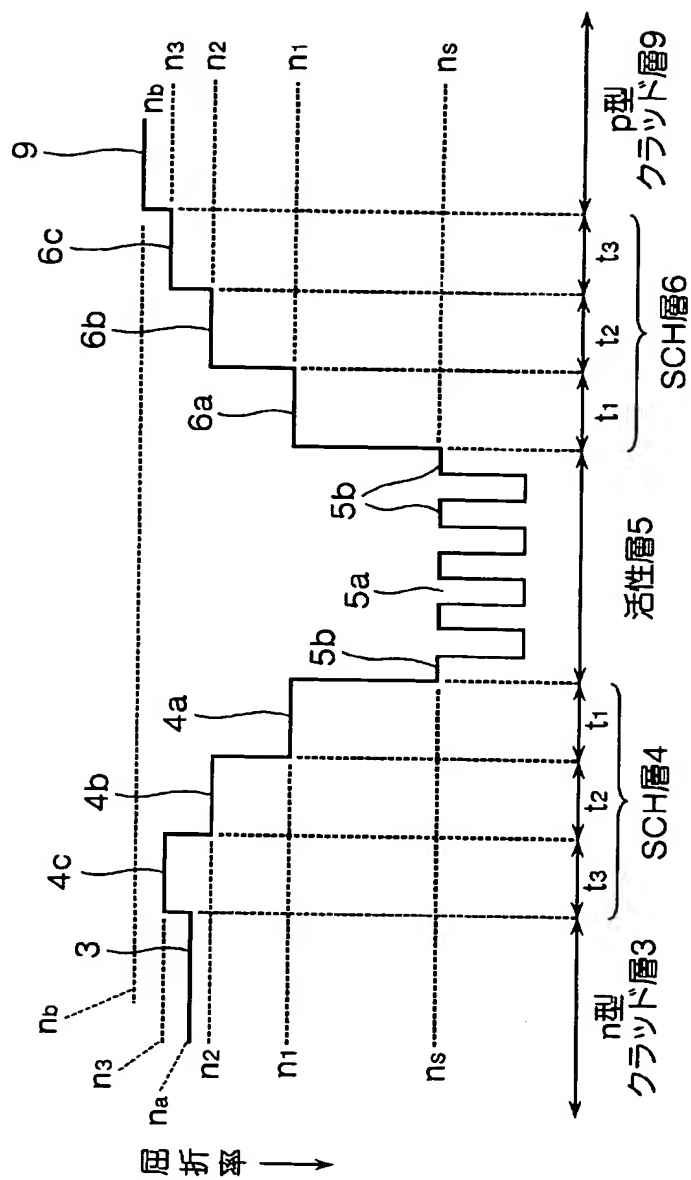
$$\begin{cases} n_s - n_1 > n_1 - n_2 > n_2 - n_3 > n_3 - n_b > n_3 - n_a \\ t_1 < t_2 < t_3 \end{cases}$$

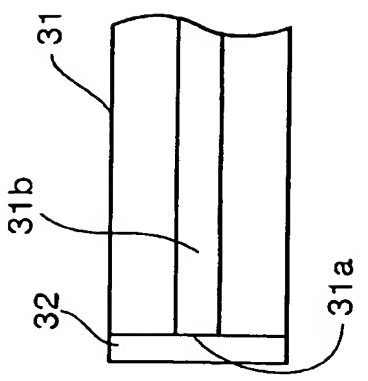
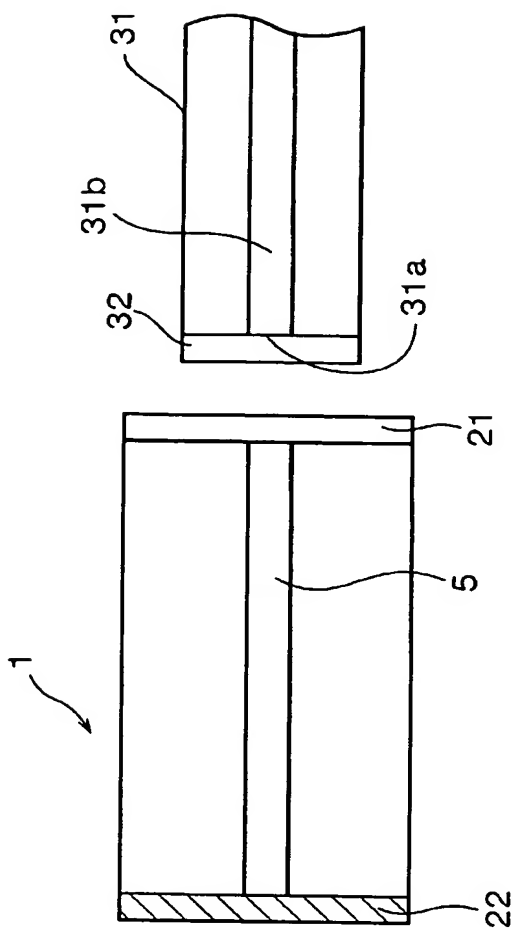


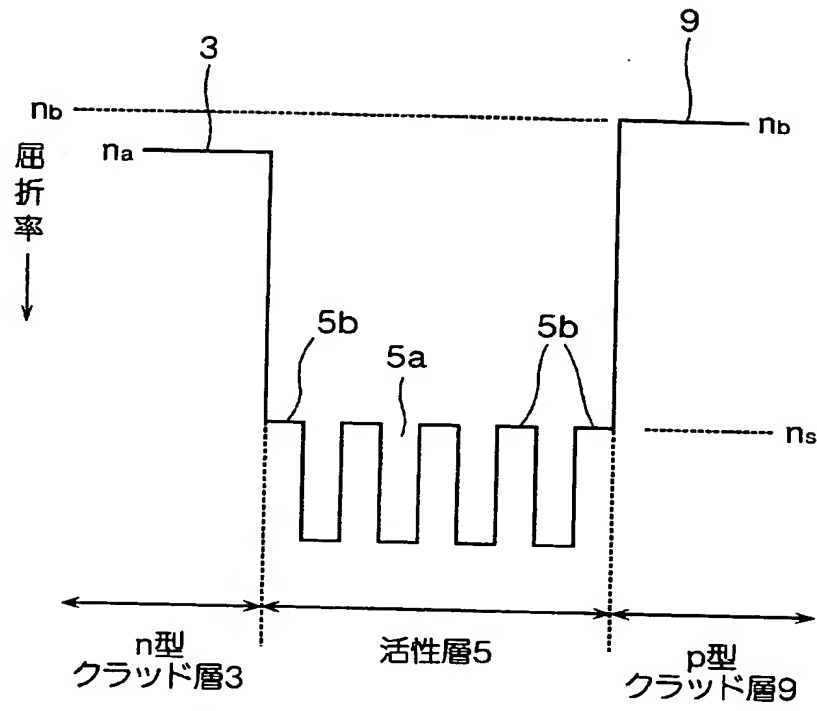
【図 1 2】

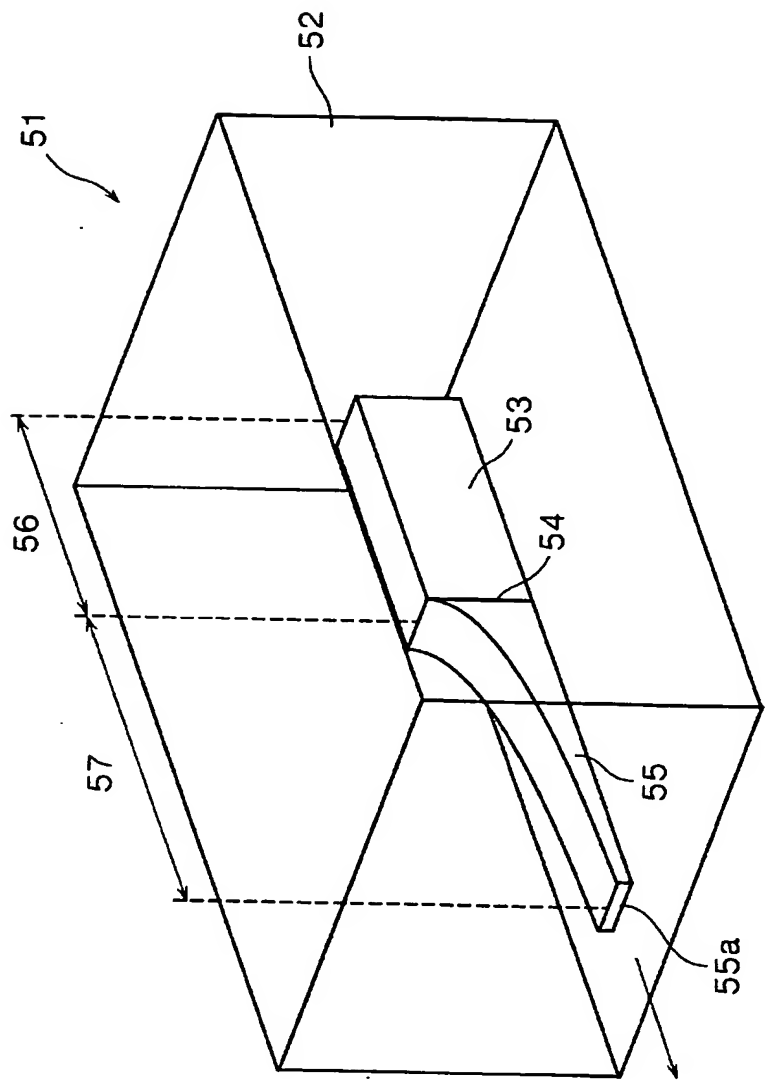












【要約】

【課題】 単一モード光ファイバと光結合する際、従来のようなモード変換部を必要とせず、基本横モードを保ったまま高出力のレーザ光を低コストで単一モード光ファイバに入射する。

【解決手段】 半導体レーザ1は、p型半導体材料からなるクラッド層9とn型半導体材料からなるクラッド層3と光閉じ込め層と量子井戸構造からなる活性層5を有し、活性層5から出射されるレーザ光を出射する。この半導体レーザ1におけるn側クラッド層3は、InPに格子整合したInGaAsPの4元材料を有し、その組成波長が0.96～0.98μmである。しかも、活性層5の幅が7～14μm以上である。半導体レーザ1の活性層5と単一モード光ファイバの光入射面を近接して配置すると、活性層5からの光が単一モード光ファイバの光入射面よりコアに入射される。

【選択図】 図1

0 0 0 0 0 0 5 7 2

20030627

住所変更

神奈川県厚木市恩名1800番地
アンリツ株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/004556

International filing date: 15 March 2005 (15.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-074636
Filing date: 16 March 2004 (16.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 02 June 2005 (02.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse